

Mikroalgák növesztésének serkentése elektromágneses térben. Távvezérlésű automatizált berendezés és fotobioreaktor

Growth stimulation of microalgae in electromagnetic field. Remote controlled and automated equipment and photobioreactor

Drd. BARTHA Csaba¹, Drd. TÓKOS Attila¹, BARTHA Áron², Dr. LINGVAY József¹

¹Research-Development Institute for Environmental Protection Technologies and Equipment – ICPE Bistrița SA, Str. Parcului, Nr. 7, 420035, Bistrița, BN-RO, E-mail: icpe@icpebn.ro , csaba.bartha@icpebn.ro
Fax: +40 263 210938, <https://www.icpebn.ro/>

²Andrei Mureșanu Főgimnázium, Beszterce, RO, E-mail: bartha.aron@icpebn.ro

Abstract

A complex, relatively high productivity, remotely controlled and automated equipment suitable for growing microalgae was developed. It was experimentally shown on the installed equipment that the growth rate of Chlorella vulgaris exposed to 50Hz 15V/m electromagnetic field EMF is approx. 2.75 times greater than the reference (same physical and chemical operating parameters but without EMF).

Keywords: microalgae, electromagnetic field, extremely low frequency ELF, SCADA, automated equipment

Kivonat

Mikroalgák növesztésére alkalmas komplex, aránylag nagy termelékenységgű, távvezérlésű és automatizált, berendezés volt kifejlesztve. A kivitelezett berendezésen kísérletileg ki lett mutatva, hogy az 50Hz-es 15V/m elektromágneses tér EMT hatására a Chlorella vulgaris növekedési sebessége kb. 2,75-ször nagyobb, mint a referencia (azonos fizikai és kémiai működési paraméterek de EMT nélkül).

Kulcsszavak: mikroalgák, elektromágneses tér, extrém alacsony frekvencia, SCADA, automatizált berendezés

1. BEVEZETŐ

A mikroalgák (például a *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella* stb.) magas fehérje-, lipid- és szénhidrát tartalmuk miatt táplálékforrásként szolgálnak. A mikroalgák természetes alapanyagok a gyógyszeriparban, ahol széles körben használják az emésztésre jótékony hatású étrend-kiegészítők előállítására (a *Chlorella* serkenti a bél *Lactobacillus* szaporodását). *Spirulina sp.* és *Dunaliella sp.* – magas karotinoid tartalmuk miatt rákellenes hatást mutattak [1 – 3]. Másrészt az olajban gazdag algák olajtartalmuk révén megújuló energiaforrást jelentenek. Így a harmadik generációs bioüzemanyagokat az „olajos” algák biomasszájából állítják elő [4]. Ezekre való tekintettel, az alga biomassza (magas hozzáadott értékű termék) iránti kereslet a világszerte növekvő tendenciát mutat [1, 5].

A mikroalgák fototróf mikroorganizmusok, amelyek képesek a napenergiát fotoszintézis útján kémiai energiává alakítani, illetve szén-dioxidból és vízből enzimatikusan katalizált fotobiokémiai folyamatok révén szerves anyagokat szintetizálni. A természetben, széles körben elterjedtek és jelentős mértékben hozzájárulnak a légköri CO₂ feldolgozásához – carbon alapú szerves anyagok szintéziséhez és az oxigén felszabadulásához a bioszférában [1, 6].

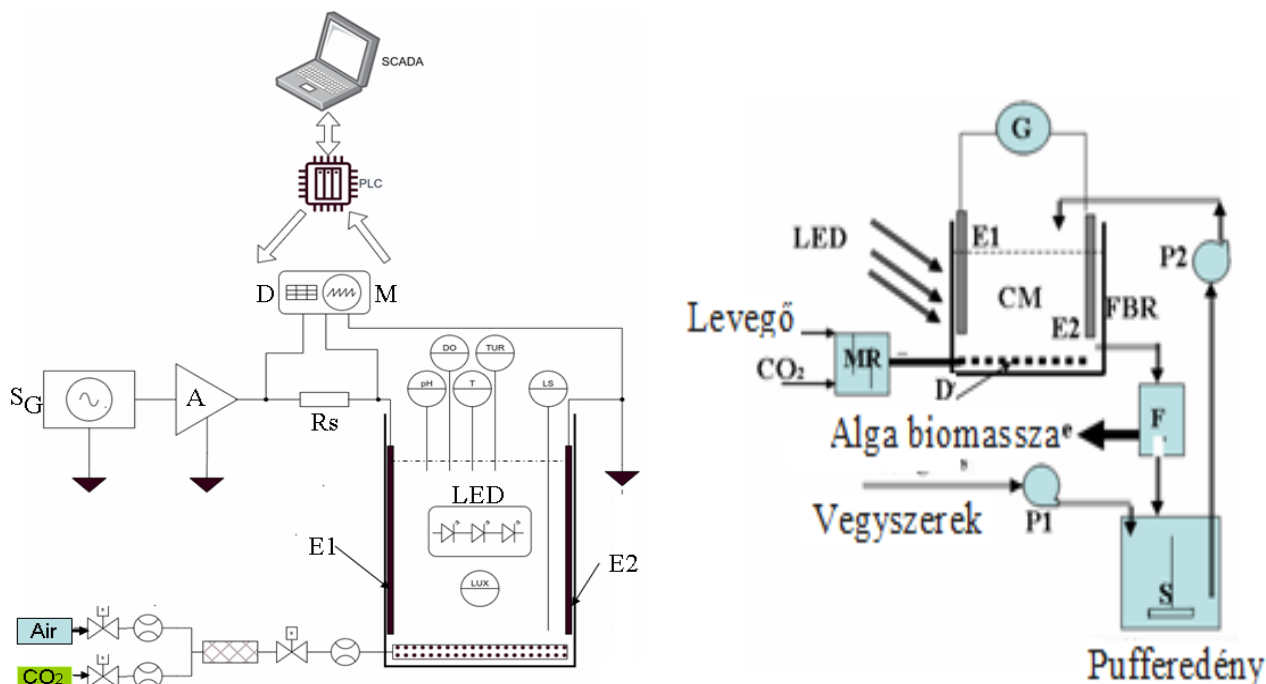
A fotobiokémiai folyamatok viszonylag lassúak, ami a mikroalga-tenyésztő fotobioreaktorok termelékenységét relatíve alacsonnyá teszi, ami lényegesen befolyásolja a termelési költségeket [5, 7].

A közelmúltban dielektromos spektroszkópiával és kémiai meghatározásokkal ki lett mutatva, hogy a szennyvíztelepek aktív iszapjában mikroorganizmus flórájának a metabolizmusa jelentősen felgyorsul (duplázódik), ha az aktívizap-szuspenzió 5 V/m 50 Hz-es elektromos térnek van kitéve [8, 9].

Ezekre való tekintettel, kutatásunk célja egy a mikroalgák növesztésére alkalmas komplex, aránylag nagy termelékenységgű, távvezérlésű és automatizált, fotobioreaktoros berendezés fejlesztése és hatékonyságának kísérleti kimutatása.

2. MIKROALGÁK GYORS NÖVESZTÉSÉRE KIFEJLESZTETT TÁVVEZÉRLÉSŰ AUTOMATIZÁLT BERENDEZÉS

A kivitelezett alganövesztésre kifejlesztett berendezés egyszerűsített vázlata az 1. ábrán van bemutatva [10, 11].



1. ábra. Alganövesztésre kifejlesztett berendezés egyszerűsített vázlata [10, 11]

Az 1. ábra szerint, a berendezés fő eleme egy speciális, LED-ekkel világított és polarizációs elektródokkal E_1 és E_2 ellátott fotobioreaktor **FBR**. A FBR-ben levő táptalaj **CM** levegő/ CO_2 keverék mikro buborékokkal van állandóan keverve. A beáramló levegő és CO_2 egy keverőkamrán **MR** áthalad és a FBR alján elhelyezett buborék diffúzorba van vezetve. A levegő és CO_2 hozama (és aránya) valamint a gázkeverék hozama szakosított elemekkel mérve és adott értékre állítva van. A működési paraméterek folyamatos mérését és állítását a rendszerbe beépített szenzorok és érzékelők (gáz hozamok, oldott oxigén, pH, zavarosság, folyadékszint stb.) biztosítják. Ezek adatait gyűjti, tárolja és feldolgozza egy PLC S7-1214 típusú (Siemens) programozható logikai vezérlő (PLC). Az algák metabolizmusának és növekedésének gyorsítását az E_1 és E_2 elektródokra kapcsolt extrém alacsony frekvenciájú ELF feszültség **G** által képződő elektromos tér biztosítja. Az adott frekvenciájú ELF feszültséget az S_G sinusos jelgenerátor és az **A** lineáris erősítők biztosítják. Az ELF váltóáramú polarizációs feszültség és áram (R_s – sönt ellenállás) mérését és állítását az **M** mérőegység és a PLC S7-1214 biztosítja. A beoltott táptalajba növesztett mikroalga szuszpenzió adott időközönként szűrve van (**F** – centrifugális szűrő) – a mikroalga biomassza begyűjtve (értékesítve) a legyengült táptalaj a pufferedényben megfelelő vegyszerekkel feljavítva (**P₁** pompa, **S** – keverő) és a **P₂** pompával visszavezetve a FBR-be. Az egész rendszert ellenőrző PLC egy megfelelően kiképzett kommunikációs hálózattal és SCADA rendszerrel kapcsolódik a felügyelő személyzet PC-jére (esetenként akár az okos telefonjára).

3. KISÉRLETI MEGHATÁROZÁSOK

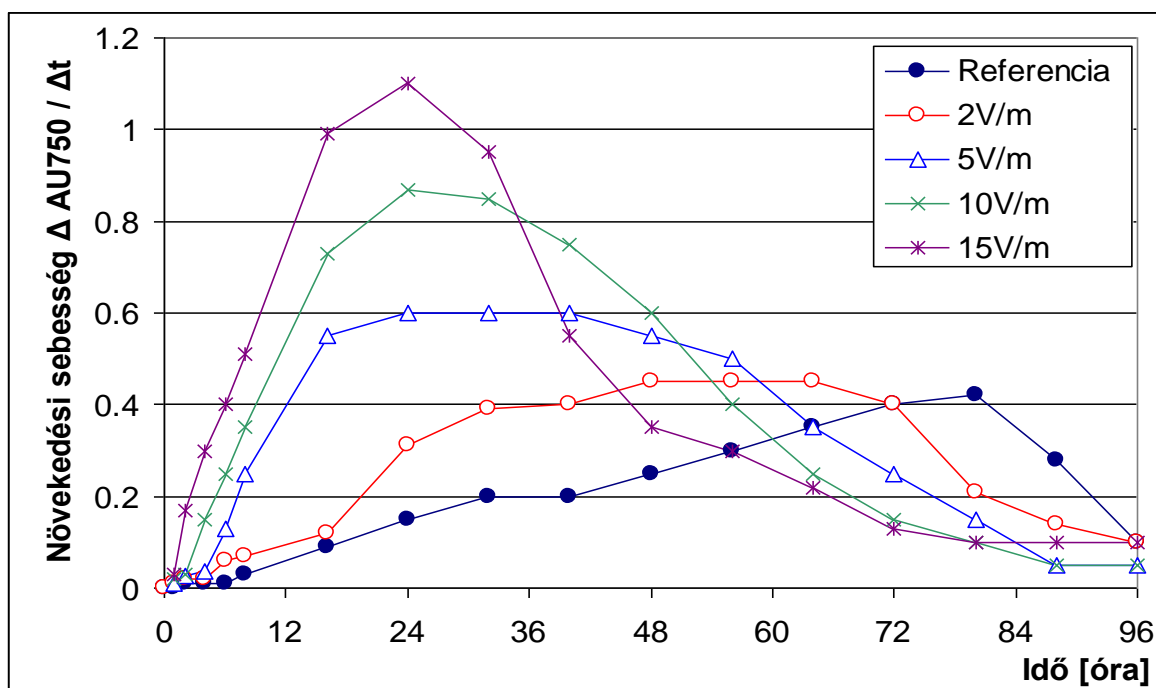
Az 50Hz-es elektromágneses tér hatását vizsgáltuk a *Chlorella vulgaris* (Bienjerinck CCALA 269) növekedésére BG11 típusú táptalajban [12]. Két egyforma, azonos paraméterekkel (hőmérséklet, táptalaj, pH, levegő/ CO_2 arány és hozam, fényerősség) működő fotobioreaktorban meghatározva lett a táptalaj zavarosságának időbeli alakulása (a fényelnyelés mérése az alga/táptalaj szuszpenzióban - optikai sűrűség DO 750nm hullámhosszon [13]), HACH, DR3900 típusú hordozható spektrofotométerrel). Az első fotobioreaktorban a táptalaj az 1. ábra szerint 50Hz-es, állítható elektromágneses térnek EMT volt kitéve a másodikban (referencia) nem. Az 1. ábrán bemutatottak szerint kialakított kísérleti berendezés a 2. ábrán van bemutatva.



2. ábra. A kísérleti berendezés [1]

4. KISÉRLETI EREDMÉNYEK

Az alganövekedés sebességének (mint az optikai sűrűség változási sebességének a mértéke) alakulása különböző erősségű 50Hz EMT-ben a 3. ábrán van bemutatva.



3. ábra. Az alganövekedés sebességének alakulása különböző erősségű 50Hz EMT-ben

A 3. ábra adataiból megállapítható látható, hogy a LAG periódus végén az algatömeg növekedési sebessége egy maximális értékig növekszik, majd - ahogy a táptalaj koncentrációja csökken - fokozatosan csökken. Az algatömeg növekedési sebessége minimális a referencia esetében ($\Delta AU_{750}/\Delta t = 0,41$), ahol a növekedési korlátozás az oltástól kb. 80 óra után kezdődik. Az 50 Hz-es EMT esetében a maximális növekedési sebességek magasabb értékűek és ezeknek megfelelően a növekedési korlátozások hamarabb állnak be – 15V/m térerősségnél $\Delta AU_{750}/\Delta t = 1,125$ (2,75-ször nagyobb, mint a referencia) és ennek megfelelően, a

tápanyag korlátozás (és a növekedési sebesség csökkenése) kb. 24 óra után áll be. Ezekre való tekintettel megállapítható, hogy megfelelő tápanyag utánpótlással az 50Hz-es 15V/m EMT-vel működő fotobioreaktor termelékenysége kb. 2,75-ször nagyobb, mint a hagyományosan, EMT stimuláció nélküli fotobioreaktoroké.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Mikróalgák növesztésére alkalmas komplex, aránylag nagy termelékenységű, távvezérlésű és automatizált, berendezés volt kifejlesztve. A kivitelezett berendezésen, komparatív optikai sűrűség DO (750nm hullámhosszon) mérésekkel kísérletileg ki lett mutatva, hogy az 50Hz-es 15V/m elektromágneses tér EMT hatására a *Chlorella vulgaris* növekedési sebessége kb. 2,75-ször nagyobb, mint a referencia (azonos fizikai és kémiai működési paraméterek de EMT nélkül). Ez arra utal, hogy megfelelő tápanyag utánpótlással az 50Hz-es 15V/m EMT-vel működő fotobioreaktor termelékenysége kb. 2,75-ször nagyobb, mint a hagyományosan, EMT stimuláció nélküli fotobioreaktoroké.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Dolgozatunkat a Romániai Oktatási és Kutatási Minisztérium (CCCDI - UEFISCDI) támogatta anyagilag a PN III-PTE tudományos program keretében - kutatási szerződés: PTE-2021-0075 „EPS μ ALG”.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Lingvay, I., Vranceanu-Jipa, M., Chihaiia, R.A., Tókos, A., Bartha, C., Cîrciumaru, G., *Impact of 50 Hz Electromagnetic Field on the Growth of Chlorella vulgaris*. Appl. Sci. 2024, 14, 6506. <https://doi.org/10.3390/app14156506>
- [2] Patras D., Moraru C.V., Socaciu C., *Screening of bioactive compounds synthesized by microalgae: a progress overview on extraction and chemical analysis*, Studia UBB Chemia, LXIII, 1, 2018 (pp. 21-35), <https://doi.org/10.24193/subbchem.2018.1.02>
- [3] Fernandes Bruno D., Mota A., Teixeira Jose A., Vicente Antonio A., *Continuous cultivation of photosynthetic microorganisms: Approaches, applications and future trends*, Biotechnology Advances, V. 33 - 6, 2015, pp 1228-1245, <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.03.004>
- [4] Aro E-M., *From first generation biofuels to advanced solar biofuels*, Ambio. 2016 Jan; 45(Suppl 1): 24–31., doi: [10.1007/s13280-015-0730-0](https://doi.org/10.1007/s13280-015-0730-0)
- [5] Tredici M. R., *Photobiology of microalgae mass cultures: understanding the tools for the next green revolution*, Biofuels 1, no. 1 (2010), pp. 143-162. <https://doi.org/10.4155/bfs.09.10>
- [6] Klinthong, W., Yang, Y.H., Huang, C.H., Tan, C.S. (2015). *A Review: Microalgae and Their Applications in CO₂ Capture and Renewable Energy*. Aerosol Air Qual. Res. 15: 712-742. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2014.11.0299>
- [7] Clippinger J., Davis R., *Techno-Economic Analysis for the Production of Algal Biomass via Closed Photobioreactors: Future Cost Potential Evaluated Across a Range of Cultivation System Designs*. Technical Report NREL/TP-5100-72716. 2019. <https://doi.org/10.2172/1566806>
- [8] Bartha C., Jipa M., Caramitu A-R., Voina A., Tókos A., Cîrciumaru G., Micu D-D., Lingvay I., *Behavior of Microorganisms from Wastewater Treatments in Extremely Low-Frequency Electric Field*, Biointerface Resarch in Applied Chemistry, Volume 12, Issue 4, 2022, pp. 5071 – 5080 <https://doi.org/10.33263/BRIAC124.50715080>
- [9] Bartha C., Tókos A., Jipa M, Caramitu A., Voina A., Cîrciumaru G, Micu D-D., Lingvay i. *Saving Energy in Biological Wastewater Treatment by Using Extremely Low-Frequency Electric Field—Pilot-Scale Study*, Sustainability 2023, 15, 11670. <https://doi.org/10.3390/su151511670>
- [10] Voina A., Tokos A., Jipa M., Cîrciumaru G., Bartha C., Chihaiia R.A., Tănase N., Lingvay I., *Equipment for Increasing the Phototrophic Microalgae Production at Lab Scale*, International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET 2023), 16-17 November 2023, Cape Town-South Africa, IEEE Xplore DOI: [10.1109/ICECET58911.2023.10389345](https://doi.org/10.1109/ICECET58911.2023.10389345)
- [11] Tókos A., Cîrciumaru G., Bartha C., Voina A., Vranceanu-Jipa M, Caramitu A-R., Chihaiia R-A., Lingvay I., *Automation control system of an equipment for ELF stimulated phototrophic microalgae production*, ACDSA, IEEE Xplore, 2024, DOI: [10.1109/ACDSA59508.2024.10468047](https://doi.org/10.1109/ACDSA59508.2024.10468047)
- [12] Allen M. M., Stanier R. Y., (1968). Growth and Division of Some Unicellular Blue-green Algae. Journal of General Microbiology, 51(2), pp. 199–202, <https://doi.org/10.1099/00221287-51-2-199>
- [13] Griffiths M. J., Garcin C., van Hille R. P., Harrison S. T. L. (2011). Interference by pigment in the estimation of microalgal biomass concentration by optical density. Journal of Microbiological Methods, 85(2), 119–123. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2011.02.005>